

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Системы автоматизированного
проектирования»

ТЕКСТУРНЫЕ ПРИЗНАКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Методические указания
к лабораторной работе для студентов специальности
1-40 01 02 «Информационные системы и технологии»

Минск
БНТУ
2010

УДК 004.932.2-023.731(076.5)(075.8)

ББК 32.97я7

Т30

Составитель *И.Л. Ковалева*

Рецензенты:

А.В. Бородуля, Л.И. Цирульник

Методические указания посвящены одному из разделов теории обработки и распознавания изображений – текстурному анализу. В теоретической части вводятся основные понятия текстурного анализа, определяются наиболее известные методы вычисления текстурных признаков.

Самостоятельное освоение изложенного теоретического материала и выполнение лабораторной работы дает возможность студентам понять физический смысл текстурных признаков с целью грамотного их применения, а также оценить информативность текстурных признаков в задачах классификации изображений.

Цель работы: изучение основ текстурного анализа изображений, а также методов измерения и описания текстур.

1. Понятие текстуры

При анализе изображений важной их характеристикой является текстура, которая присутствует во всех изображениях, начиная с получаемых с помощью самолетных и спутниковых устройств и заканчивая микроскопическими в биомедицинских исследованиях. Однако, несмотря на это, концепция текстуры не очень хорошо определена даже сегодня. Р.М. Харалик писал в [1]: «Несмотря на повсеместное присутствие в изображениях и важность текстуры, формального подхода к описанию текстуры и строгого ее определения пока не существует, и методы различения текстур, как правило, разрабатываются отдельно для каждого конкретного случая...». Это, в большей мере, является следствием неизвестной природы информации, воспринимаемой человеческой визуальной системой, когда мы рассматриваем зону изображения. В литературе можно выделить два типа определений текстуры.

Во-первых, это интерпретация текстуры как повторения базовых примитивов, имеющих различную ориентацию в пространстве, т.е. природа текстуры структурирована. Примерами в этом случае могут служить текстуры ткани, кирпичной стены и т.д. Сторонники такого определения ориентировали себя на спектральный анализ при представлении текстуры [2].

Во-вторых, текстура рассматривается как некий анархичный и однородный аспект, не обладающий ярко выраженными краями. Для сторонников этого метода не существует заметных образцов или доминирующей частоты в текстуре (например, дерн, кора, земля и т.д., рассматриваемые с большого расстояния), т.е. они ориентировали себя на вероятностный метод решения проблемы текстуры [3].

Фактически лучшее определение термина «текстура» достигается синтезом обоих описанных выше методов. Текстура должна считаться двухуровневой структурой, т.е. она представляет собой пространственную организацию (высший уровень) базовых примитивов (или производных элементов, как их называет Р.М. Харалик [1]), которые сами имеют случайный аспект (низший уровень) [4].

Текстуру можно разделить на искусственную и естественную. *Искусственные текстуры* – это структуры из графических знаков, расположенных на нейтральном фоне. Такими знаками могут быть отрезки линии, точки, звездочки, буквы или цифры. *Естественные текстуры*, как подразумевается в их названии, – это изображения естественных сцен, содержащие почти периодические структуры. Примерами могут служить фотографии кирпичных стен, черепицы крыш, песка, травы и т.д.

Текстура часто описывается качественно размером ее зерна. Например, кусок шерстяной ткани «грубее» куска шелковой ткани при одинаковых условиях наблюдения. Размер зерна связан с периодом пространственной повторяемости локальной структуры. Большой период соответствует крупной текстуре, а малый – мелкой. Ясно, что размер зерна недостаточен для количественного измерения текстуры, но его можно использовать для оценки направления, в котором должны измеряться текстурные признаки, т.е. малые численные значения признаков должны соответствовать мелкой текстуре, а большие значения – крупной. Нужно учитывать, что текстура – это свойство окрестности точки изображения [8].

2. Методы измерения и описания текстур

Для измерения и описания текстур изображения применяется ряд методов. Рассмотрим подробнее основные из них.

2.1. Методы, основанные на измерении пространственной частоты

Достоинство пространственной частоты как средства описания текстуры состоит в привычности этого понятия. Однако возникает существенная трудность, связанная с квантованием яркости изображения. Процедуры квантования не инвариантны даже по отношению к монотонным преобразованиям яркости.

Следует отметить, что в мелкозернистых текстурах преобладают высокие, а в крупнозернистых – низкие пространственные частоты.

Метод описания текстуры с помощью автокорреляционной функции

Значение автокорреляционной функции характеризует размер базовых примитивов, который, в свою очередь, определяет зернистость текстуры, т.е. крупнозернистые текстуры содержат более крупные базовые элементы, а мелкозернистые – более мелкие. Если производные элементы изображения относительно велики, значение автокорреляционной функции с увеличением сдвига уменьшается достаточно медленно. Если же тоновые производные элементы малы, то функция уменьшается быстрее. Автокорреляционная функция определяется следующим выражением

$$\rho(x, y) = \frac{1}{(L_x - |x|)(L_y - |y|)} \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} I(u, v) I(u + x, v + y) du dv}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} I^2(u, v) du dv},$$
$$|x| < L_x, |y| < L_y,$$

где $I(u, v)$ – прозрачность диапозитива в точке с координатами (u, v) (вне прямоугольной площади диапозитива $0 \leq u \leq L$ и $0 \leq v \leq L$ прозрачность равна нулю);

(x, y) – величина сдвига в направлении x и в направлении y .

Оптический метод анализа

Этот метод основан на том, что при освещении фрагмента изображения, мы получаем создаваемое линзой распределение света, которое известно под названием «дифракционная картина Фраунгофера». Из дифракционной картины можно выделить вектор признаков, который может использоваться для распознавания фрагментов.

Метод цифровых преобразований

При анализе текстуры этим методом изображение разбивают на небольшие непересекающиеся квадратные фрагменты размера $n \times n$ пикселей. Полученные таким образом n^2 -мерные вектора при преобразовании выражают в некоторой новой системе координат. В преобразовании Фурье используется базис из тригонометрических функций синус и косинус, в преобразовании Адамара – базис из функций Уолша и т.д. Суть преобразований в том, что базисные векторы новой координатной системы хорошо интерпретируются в терминах пространственной частоты или порядка следования.

2.2. Методы, основанные на вычислении количества перепадов на единицу площади изображения

В качестве характеристики текстуры может использоваться количество перепадов яркости на единицу площади изображения. Приходящийся на пиксель изображения перепад можно обнулить, сравнивая значения локальных признаков двух непе-

ресекающихся фрагментов изображения, соседствующих с этой клеткой. На крупнозернистых текстурах количество перепадов мало, с уменьшением зернистости текстуры оно возрастает.

В качестве локального признака может использоваться, например, градиент Робертса (сумма абсолютных значений разностей между уровнями яркости пар соседних клеток, расположенных по обе стороны от каждой диагонали) или следующие, схожие с градиентом характеристики яркости в некоторой окрестности элемента изображения:

$$\sum_{(i, j) \in N} \rho(I(i, j), \mu), \quad \sum_{(i, j) \in N} \rho(I(i, j), g_c), \quad \rho(\mu, g_c),$$

где N – число элементов изображения в его окрестности;

ρ – некоторая метрика;

μ – средняя яркость элементов;

g_c – яркость некоторого элемента изображения.

2.3. Методы, использующие матрицу смежности значений яркости

Один из аспектов текстуры связан с пространственным распределением и пространственной взаимозависимостью значений яркости локальной области изображения с ростом расстояния между оцениваемыми точками. В крупнозернистых текстурах изменение распределения яркости происходит значительно медленнее, чем в мелкозернистых.

Статистики пространственной взаимозависимости значений яркости вычисляются по матрицам переходов значений яркости между ближайшими соседними точками. Матрица смежности (или матрица совместной встречаемости) уровней яркости представляет собой оценку плотности распределения вероятностей второго порядка, полученную по изображению в предположении, что плотность вероятности зависит лишь от располо-

жения двух пикселей. Обозначим эту матрицу $P(i, j, d, \varphi)$, где i и j – яркости соседних точек на изображении, расположенных на расстоянии d друг от друга, при угловом направлении φ . Поскольку число таких матриц может быть очень большим, то обычно ограничиваются лишь рассмотрением пикселей, находящихся в непосредственной близости, либо усредняют матрицы, составленные для различных ориентаций [6].

На рис. 1 приведен пример формирования матрицы с параметрами $d = 1$ и $\varphi = 0$.

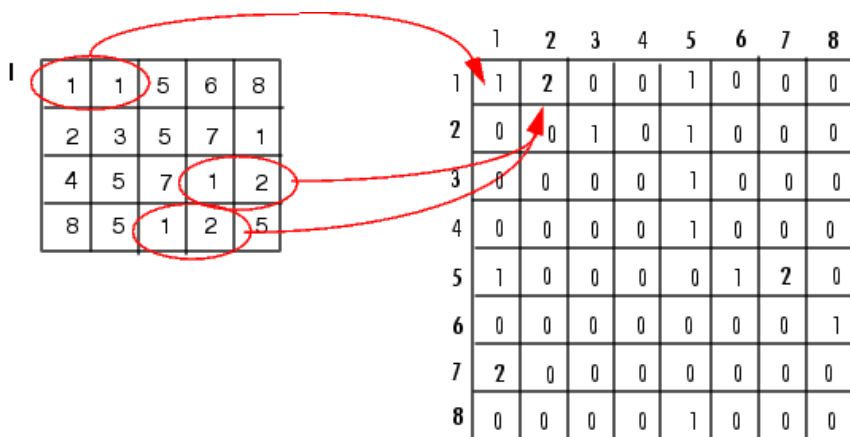


Рис. 1. Пример формирования матрицы смежности

Размер матрицы определяется количеством градаций яркости изображения. Так, на рис.1 показано исходное изображение с градациями интенсивности от 1 до 8 (для полутонового изображения градации меняются от 0 до 255). Значение каждого элемента матрицы равно количеству встречаемости пары пикселей с соответствующими значениями интенсивностей в заданных позициях друг относительно друга. Например, встречаемость пары со значением (1, 1) в исходном изображении при условии расположения смежной пары на одной строке равна 1, а встречаемость пары со значением (1, 7) – 2.

Полученная матрица совместной встречаемости обычно приводится к одному из двух видов:

1) нормализованная матрица:

$$N(i, j, d, \varphi) = \frac{P(i, j, d, \varphi)}{\sum_i \sum_j P(i, j, d, \varphi)},$$

т.е. значения $N(i, j, d, \varphi)$ после этого лежат в интервале $[0; 1]$ и для текстур большого размера могут служить условными вероятностями;

2) симметричная матрица:

$$S(i, j, d, \varphi) = P(i, j, d, \varphi) + P(i, j, -d, \varphi).$$

Совершенно очевидно, что такие матрицы содержат информацию, характеризующую текстуру. По матрице совместной встречаемости вычисляется около двадцати признаков, наиболее часто используемые из них следующие:

– энергия = $\sum_i \sum_j N^2(i, j, d, \varphi)$;

– энтропия = $-\sum_i \sum_j N(i, j, d, \varphi) \log_2 N(i, j, d, \varphi)$;

– контраст = $\sum_i \sum_j (i - j)^2 N(i, j, d, \varphi)$;

– гомогенность = $\frac{\sum_i \sum_j N(i, j, d, \varphi)}{1 + |i - j|}$;

$$\text{– корреляция} = \frac{\sum_i \sum_j (i - \mu_i)(j - \mu_j) N(i, j, d, \varphi)}{\sigma_i \sigma_j},$$

где μ_i , μ_j равны соответственно $N(i, d, \varphi)$ и $N(j, d, \varphi)$;

σ_i и σ_j – среднеквадратичные отклонения.

2.4. Методы, описывающие текстуры длинами серий

Серия – это максимальная связанная совокупность вытянутых в прямую линию пикселей одинаковой яркости. Серия характеризуется яркостью, длиной и направлением. На крупнозернистых текстурах эти серии длиннее, чем на мелкозернистых.

Статистики серий

Обозначим N_g – число возможных значений яркости, N_r – число возможных длин серий, а $\rho(i, j)$ – число серий длины j с яркостью i . Р.М. Харалик [1] предложил следующие статистики величины $\rho(i, j)$ для анализа текстур:

$$\text{– обратные моменты} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{\rho(i, j)}{j^2}}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \rho(i, j)};$$

$$\text{– моменты} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} j^2 \rho(i, j)}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \rho(i, j)};$$

$$\text{– неоднородность яркости} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} (\rho(i, j))^2}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \rho(i, j)};$$

$$\text{– неоднородность длины серии} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} (\sum_{j=1}^{N_r} \rho(i, j))^2}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \rho(i, j)};$$

$$\text{– доля изображения в сериях} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \rho(i, j)}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} j\rho(i, j)}.$$

Метод бегущих длин

Основная идея статистики бегущих длин (предложено Галловэем) состоит в извлечении информации изображения из длин одного уровня яркости. Соседние пиксели близкого или одного уровня серого, взятые в определенном направлении, формируют примитив. Число примитивов различных длин и уровней серого, отсортированных по длине и уровню серого, формируют матрицу бегущих длин.

Рассмотрим пример, приведенный на рис. 2 (длина примитива не менее 2 пикселей):

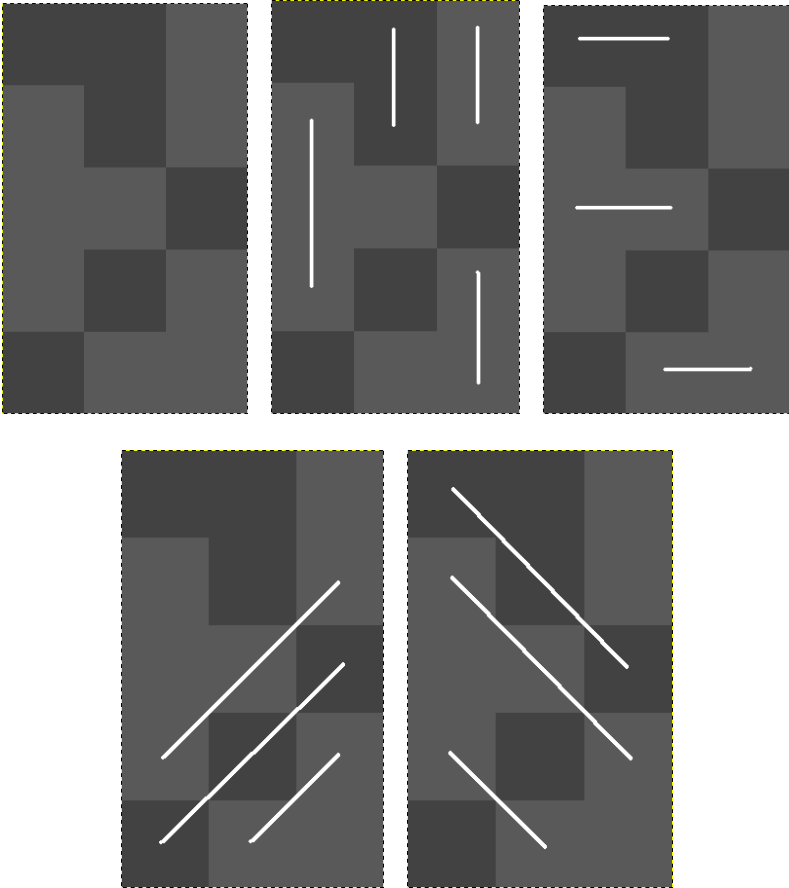


Рис. 2. Пример примитивов

Как видно из рис. 2, сформированы 4 вертикальных, 3 горизонтальных и 6 диагональных примитивов. Подробнее: 6 примитивов длиной 2 и яркостью 66 (светло-серый), 2 примитива длиной 2 и яркостью 89 (темно-серый), 3 примитива длиной 3 и яркостью 66, 2 примитива длиной 3 и яркостью 89.

С использованием матрицы бегущих длин подсчитывают следующие величины:

- $B(a, r)$ – количество примитивов всех направлений, имеющих длину r и уровень яркости a ;
- M, N – размер исследуемой текстуры;
- L – количество примитивов, сформированных по признаку общего уровня серого;
- N_r – максимальная длина примитива;
- K – общее число примитивов.

$$K = \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} B(a, r).$$

Определив эти величины, получаем следующие текстурные признаки:

- короткое примитивное подчеркивание (Short Run Emphasis):

$$\frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} \frac{B(a, r)}{r^2};$$

- длинное примитивное подчеркивание (Long Run Emphasis):

$$\frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} B(a, r) \cdot r^2;$$

- единообразие уровня серого (Gray-Level Nonuniformity):

$$\frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \left(\sum_{r=1}^{N_r} B(a, r) \right)^2;$$

– единообразие длин (Run Length Nonuniformity):

$$\frac{1}{K} \sum_{r=1}^{N_r} \left(\sum_{a=1}^L B(a, r)^2 \right)^2 ;$$

– процент примитивов (Run Percentage):

$$\frac{K}{\sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} r \cdot B(a, r)} = \frac{K}{M \cdot N}$$

2.5. Авторегрессионные методы

Авторегрессионные методы для описания текстуры используют коэффициенты линейных оценок яркости точечного элемента изображения по заданным значениям элементов некоторой его окрестности (эти коэффициенты почти одинаковы для крупнозернистых и существенно различны для мелкозернистых текстур).

В рамках линейной авторегрессионной модели по любой заданной линейной оценке легко синтезировать текстуру. В этом смысле авторегрессионный подход позволяет получить всю информацию о текстуре. Используется одномерная и двумерная авторегрессионные модели. При использовании одномерной модели яркость следующего пикселя определяется как сумма линейной комбинации значений яркости предыдущих пикселей изображения. При использовании двумерной модели яркость пикселя определяется не просто предыдущим участком сканирования, а зависит от яркости его двумерной окрестности, состоящей из пикселей сверху и слева от рассматриваемого. Как показали исследования, двумерная авторегрессионная модель дает лучшие результаты по сравнению с одномерной.

2.6. Методы, основанные на гистограмме пространственной разности яркостей

Для анализа текстур гистограмма рассматривается не как плотность вероятности уровней яркости, измеренных в каждом элементе рассматриваемого фрагмента, а как плотность вероятности разности уровней яркости между точками каждой пары элементов, разделенных заданным расстоянием $\sigma = (\Delta x, \Delta y)$, т.е. строится ρ_σ , где $f_\sigma(x, y) = |f(x, y) - f(x + \Delta x, y + \Delta y)|$ (x, y – координаты элемента изображения). Поведение $\sigma = (\Delta x, \Delta y)$ гораздо ярче характеризует текстуру, чем обычная гистограмма. Для крупнозернистой текстуры (если σ много меньше размеров текстуры) большинство разностей f_σ малы, а для мелкозернистой (когда σ сравнима с размерами элемента) – велики. Для оценки поведения текстур могут использоваться следующие величины, вычисляемые на основе построенной гистограммы:

$$\text{– контраст} = \sum_{i=1}^m i^2 p_\sigma;$$

$$\text{– второй угловой момент} = \sum_{i=1}^m i p_\sigma^2(i);$$

$$\text{– среднее} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m i p_\sigma(i).$$

Таким образом, можно акцентировать различные свойства текстуры и использовать их в качестве ее признаков. Например, если текстура направленная, степень разброса значений ρ_σ изменяется с направлением σ , т. к. направленность текстуры означает разную степень грубости в различных направлениях.

2.7. Методы, отыскивающие регулярность в форме структурных элементов

Вычисляя признаки для различных расстояний и углов, можно получить многомерный вектор признаков текстур. Проведенные эксперименты [7] показывают четкую связь между числовыми значениями этих признаков и визуальными особенностями текстуры. Определенной формы совокупность элементов изображения (например, образующая линию или квадрат) называется структурным элементом. Путем переноса структурного элемента по изображению и стирания этим элементом фигур, образованных прилегающими друг к другу элементами раstra со значением 1, получают новое бинарное изображение. Соответствующим образом параметризируя структурный элемент и определяя зависимость числа элементов в стертом изображении от введенного параметра, можно вычислить текстурные признаки. Используя более сложные структурные элементы, можно получить обобщенную ковариационную функцию, которая содержит суммарную информацию о текстуре изображения.

Методы просты в вычислительном отношении и достаточно точны. В экспериментах по классификации восьми естественных текстур получена точность классификации, превышающая 95 % [8].

2.8. Методы, основанные на анализе микроструктуры текстурного поля

Один из вариантов этих методов предполагает параллельную свертку поля текстуры с девятью масками 3×3 . Две маски выделяют горизонтальные и вертикальные краевые градиенты Собела, третья выступает в роли оператора Лапласа, и еще одна служит оператором взвешенного пространственного усреднения. Затем в пределах окна, обычно 17×17 , вычисляют

стандартное отклонение для каждой свертки поля, в результате чего образуется девятимерный вектор признаков анализируемого образца текстуры.

2.9. Метод бинарного стека

Метод основан на генерации L бинарных изображений, получаемых из первоначального с градацией серого $[0, L-1]$ путем последовательного применения к исходному изображению переменного порога, увеличивающегося с 0 до $L-1$ с шагом 1. Для каждого полученного бинарного изображения области с единичным значением пикселей группируются в замкнутые области – тексели. То же происходит и с областями, имеющими нулевые значения пикселей.

Для каждого бинарного изображения могут вычисляться различные параметры, например:

- количество связанных областей (текселей) с уровнем один (1 – черный);
- количество связанных областей (текселей) с уровнем ноль (0 – белый).

Данные параметры вычисляются по трем признакам:

- максимальное значение;
- среднее значение;
- минимальное значение.

2.10. Методы описания цветных текстур

Метод цветových гистограмм

На первом этапе выполняется квантование цветного изображения, в ходе которого каждый пиксель исходного изображения индексируется значением от 0 до 63. Затем подсчитывается частота встречаемости пикселей с каждым из 64 значений и выполняется построение следующей гистограммы:

$$h_{ci} = \frac{n_i}{N}, i = 0, \dots, 63,$$

где n_i – число пикселей с номером i ;
 N – общее число пикселей.

Метод LBP гистограмм

Метод описывает пространственную структуру изображения по локальной структуре текстуры с помощью построения LBP (*Local binary pattern*) гистограмм.

Для построения LBP гистограммы значение каждого пикселя исходного изображения преобразуется в ходе нескольких этапов.

1. Вокруг каждого пикселя формируется окрестность 3×3 . Для пикселей, попавших в эту окрестность, и для центрального (анализируемого) пикселя выполняется бинаризация по порогу, равному значению центрального пикселя. Получаем бинарную матрицу 3×3 .

2. Полученную бинарную маску умножаем на LBP матрицу:

$$LBP = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 8 & 0 & 16 \\ 32 & 64 & 128 \end{vmatrix}.$$

3. Находим LBP значение анализируемого пикселя:

$$LBP(n, m) = \sum_{i, j \in l} k(i, j) \times u(f(n+i, m+j) - f(n, m)),$$

где $f(n, m)$ – полутоновое исходное изображение;
 l – окрестность 3×3 ;

$k(i,j)$ – LBP матрица;

$LBP(n,m)$ – выходное LBP значение анализируемого пикселя с координатами (n,m) на исходном изображении.

LBP значения варьируются в диапазоне от 0 до 255.

На рис. 3 приведен пример расчета LBP значения. LBP значение равно 169.

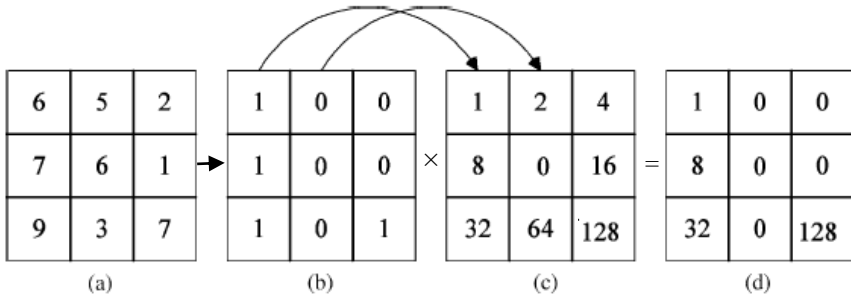


Рис. 3. Расчет LBP значения

Метод LEP гистограмм

Построение LEP (*Local edge pattern*) гистограммы выполняется в несколько этапов.

1. Цветное изображение преобразуется в полутоновое по формуле

$$Y = 0,299R + 0,527G + 0,144B.$$

2. Выполняется подчеркивание границ, используя оператор Собеля

$$Y = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix}, X = \begin{vmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}.$$

3. Для каждого пикселя изображения получаем его новое значение согласно формуле

$$G = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

4. Выполняем бинаризацию по порогу 150.

5. Вокруг каждого пикселя формируется окрестность 3×3 .
Получаем бинарную матрицу 3×3 .

6. Полученную матрицу перемножаем с LEP матрицей

$$\text{LEP} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 28 & 256 & 8 \\ 64 & 52 & 16 \end{vmatrix}.$$

7. Находим LEP значение анализируемого пикселя (аналогично LBP значению). LEP значения варьируются в диапазоне от 0 до 511.

На рис. 4 приведен пример расчета LEP значения. LEP значение равно 30.

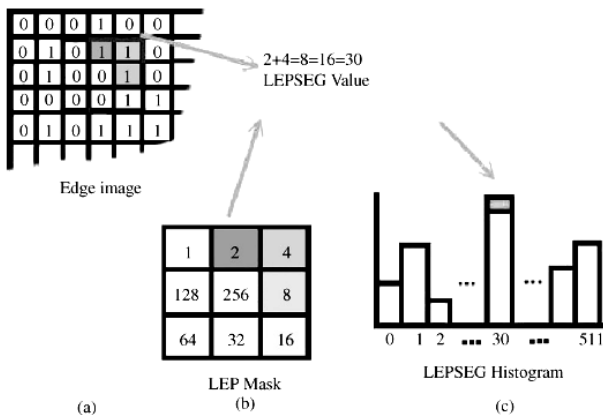


Рис. 4. Расчет LEP значения

Метод, основанный на концепции хроматичностей

В цветовом пространстве CIE XYZ каждый пиксель изображения представляет пару (x, y) хроматических значений, которые определяют анализируемое изображение. Выражаясь геометрическими терминами, набор (x, y) значений представляет собой набор точек в двумерном евклидовом пространстве. Этот набор точек называется хроматической диаграммой, а пространство – хроматическим пространством. Однако одинаковые хроматические значения могут быть представлены более чем одним пикселем, поэтому хроматичности данного изображения характеризуются двумя признаками: хроматической диаграммой и двумерным распределением – гистограммой. Обычно с помощью хроматической диаграммы и гистограммы вычисляется набор моментов, чтобы уникально определить изображение.

Для перехода из пространства RGB в пространство CIE XYZ необходимо воспользоваться следующими формулами:

$$\begin{aligned} X &= 0,607R + 0,174G + 0,200B; \\ Y &= 0,299R + 0,587G + 0,114B; \\ Z &= 0,066G + 1,111B. \end{aligned}$$

Пары (x, y) вычисляются с помощью следующих формул:

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}; \quad x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

Цветность Z не рассчитывается, т.к. $x + y + z = 1$.

Для построения диаграммы хроматичности необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \exists (i, j) : I(i, j) \text{ представляет } (x, y) \\ 0 & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $0 \leq i \leq L_x, 0 \leq j \leq L_y$,

L_x, L_y – ширина и высота изображения соответственно;

i и j – координаты анализируемого пикселя на текстуре.

Для построения двумерного распределения (гистограммы) необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$D(x, y) = k,$$

где k – число пикселей, представляющих пару (x, y) .

На основании хроматической диаграммы и двумерного распределения (гистограммы) вычисляются хроматические моменты.

$$M_T(m, l) = \sum_{x=0}^{X_s-1} \sum_{y=0}^{Y_s-1} x^m y^l T(x, y);$$

$$M_D(m, l) = \sum_{x=0}^{X_s-1} \sum_{y=0}^{Y_s-1} x^m y^l D(x, y).$$

3. Порядок выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо осуществить программную реализацию заданных методов измерения и описания текстур. Функциональность реализации рассмотрим на примере вычисления характеристик текстур, полученных с помощью методов бегущих волн и длин примитивов.

Для начала необходимо загрузить bmp-текстуры для анализа (рис. 5).

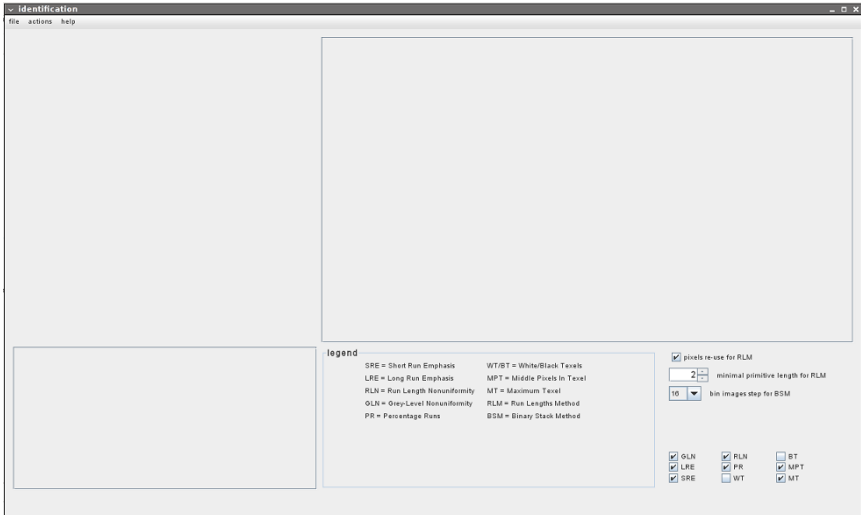


Рис. 5. Внешний вид окна приложения

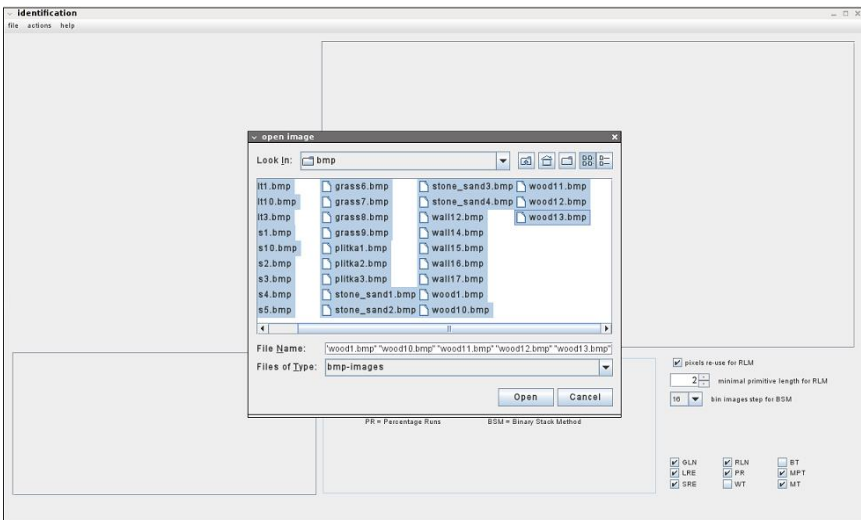


Рис. 6. Загрузка текстур для анализа

Предварительно необходимо определить, будут ли в методе бегущих длин пиксели использоваться только один раз или же

многократно, минимальную длину примитива, шаг для создания бинарных изображений в методе бинарного стека.

На следующем этапе загружаются текстуры для анализа (рис. 6). Процесс анализа выбранных файлов будет отображен внизу (рис. 7).

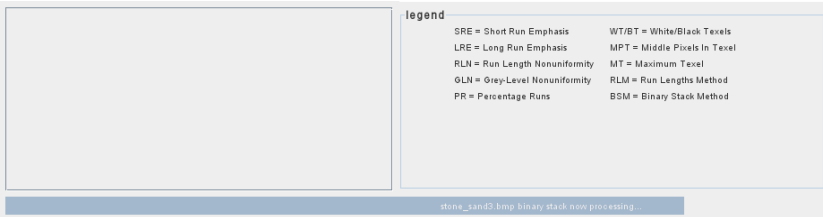


Рис. 7. Ход процесса анализа

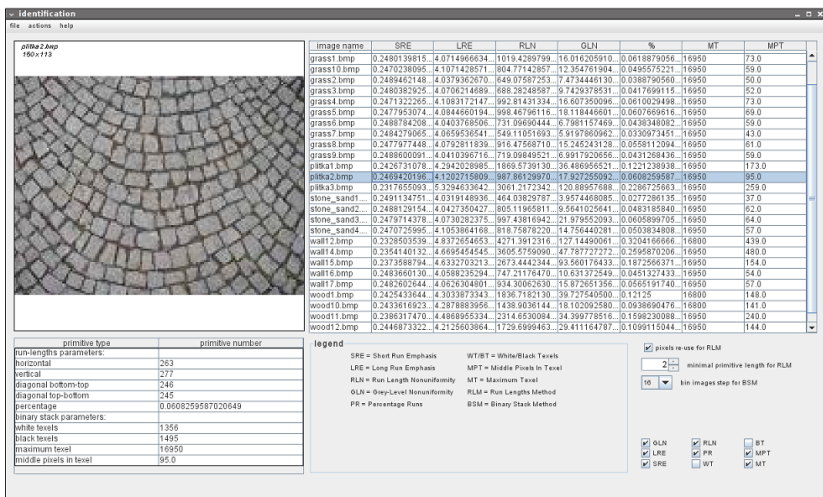


Рис. 8. Отображение результатов работы приложения

Результатом работы приложения должна явиться таблица вычисленных признаков для каждой текстуры (рис. 8.). Слева отображается изображение выбранной в главной таблице текстуры. Под изображением может быть расположена таблица, содержащая дополнительную информацию о текущем изображении.

Литература

1. Харалик, Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур/ Р.М. Харалик. – ТИИРЭ 5. – 1979. – P. 98–118.
2. Astous, F.D.Texture discrimination based on detailed measures of the power spectrum / F.D. Astous, M.E. Jernigan // 7th International Conference on Pattern Recognition, Montreal. – July 1984. – P. 83–86.
3. Chen, P.C. Segmentation by Texture Using Correlation / P.C. Chen, T.Pavlidis // PAMI(5). – N. 1. – January 1983. – P. 64–69.
4. Gagalowicz, A. Sequential synthesis of natural textures / A. Gagalowicz, Song De Ma // Computer Vision, Graphics, and Image Processing. – Vol. 30(3). – 1985. – P. 289–315.
5. Lewis, J.P. Texture Synthesis for Digital Painting / J.P. Lewis // Computer Graphics. – Vol. 18, No. 3. – P. 245–252.
6. Павлидис, Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Павлидис Т. – Мир, 1982. – 394 с.
7. Сидорова, В.С. Текстуальный анализ аэрокосмических изображений на ЭВМ / В.С. Сидорова // Математические и технические проблемы обработки изображений. – Новосибирск: ВЦ СОАН СССР, 1980. – С. 30–36.
8. Прэтт, У.К. Применение моделей стохастических текстур для обработки изображений / У.К. Прэтт, О.Д. Фожра, А. Гагалович. –ТИИЭР 5. – 1981. – С. 54–64.

Учебное издание

ТЕКСТУРНЫЕ ПРИЗНАКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Методические указания к лабораторной работе
для студентов специальности 1-40 01 02
«Информационные системы и технологии»

Составитель
КОВАЛЕВА Ирина Львовна

Редактор Е.О. Коржуева
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 01.12.2010.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,51. Уч.-изд. л. 1,18. Тираж 100. Заказ 1043.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.